Jurnal Ilmiah Kefarmasian

Journal homepage : <http://e-jurnal.stikesalirsyadclp.ac.id>

Design of Waste Chemical Treatment Based On Green Technology

^{1,2}Taufan Ratri Harjanto, ²Saipul Bahri

^{1,2}Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan Politeknik Negeri Cilacap

e-mail : taufantekim2010@gmail.com/taufanratriharjanto@politeknikcilacap.ac.id

INFOARTIKEL

ABSTRAK/ABSTRACT

Kata Kunci :

green
technology;
limbah cair;
laboratorium
kimia

Keyword :

green
technology;
wastewater;
chemistry
laboratory

Instansi pendidikan yang menggunakan bahan-bahan kimia di laboratorium akan menghasilkan produk samping berupa limbah. Limbah yang tidak dikelola dengan baik akan mengakibatkan mahalnya biaya yang dikeluarkan serta risiko yang buruk terhadap lingkungan jika terjadi tumpahan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain alat olah limbah laboratorium pendidikan yang berbasis pada *green techology*, sehingga karakteristik limbah cair hasil pengolahan yang keluar dari alat yang dibuat akan sesuai dengan baku mutu lingkungan dan aman untuk di *release* ke lingkungan. Tahapan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu: (1) tahap identifikasi awal, (2) tahap desain alat, (3) tahap interpretasi hasil dan simpulan. Hasil uji limbah cair laboratorium kimia yang digunakan terdapat parameter pH = 4, Mn_{2+} = 2,25 mg/L, dan Cr (krom total) = 1,57 mg/L belum memenuhi persyaratan baku mutu air limbah berdasarkan lampiran XVII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014. Pengolahan limbah cair menggunakan desain alat pengolahan air limbah laboratorium dengan sistem pendekatan *green technology* cukup efektif dan dapat bekerja optimal dengan mereduksi limbah secara signifikan dengan hasil: nilai derajat keasaman (pH) = 6, mangan (Mn_{2+}) dapat tereduksi hingga 91,1 %, krom total (Cr total) tereduksi hingga 93,6 %, warna hasil pengolahan jernih dan bioindikator dapat bertahan hidup dengan baik dalam kontaminasi limbah hasil pengolahan. Filtrat sisa (*slurry*) yang dihasilkan diimobilisasikan dengan cara diformulasi sebagai bahan batu bata semen yang dapat dimanfaatkan untuk bangunan.

The Educational institutions were used chemicals in the laboratory will produce of wastes. The Wastes that is not managed will result in high costs incurred and the environmental risks if occur of a spill. The aim of the study is to produce the design of waste equipment educational laboratory based on green technology so that the output characteristics of wastewater will be convenient with environmental quality standards and safe to release to the environment. The stages in the research that consists of: (1) initial identification, (2) tool design, (3) interpretation and conclusions. Results showed by wastewater give pH = 4, Mn_{2+} = 2.25 mg / L, and Cr (total chrome) = 1.57 mg / L not fulfilling of wastewater quality standards based on Annex XVII of the Minister of Environment Regulation and

Forestry of the Republic of Indonesia No. 5 of 2014. Wastewater treatment using the design of systems based on green technology is effectively and optimally give significant reducing wastes, showed: the value of acidity (pH) = 6, manganese (Mn^{2+}) can be reduced to 91,1%, total chrome (total Cr) is reduced to 93.6%, the color of rarefied and bioindicators can survive well in the contamination of waste produced by processing. The slurry is immobilized by formulation as a cement brick that can be used for buildings.

A. PENDAHULUAN

Setiap instansi pendidikan baik tingkat sekolah menengah ataupun perguruan tinggi umumnya memiliki laboratorium yang digunakan sebagai fasilitas penunjang kegiatan belajar mengajar. Laboratorium pendidikan yang menggunakan bahan-bahan kimia pada kegiatan operasionalnya umumnya disebut sebagai laboratorium kimia.

Segala aktivitas yang menggunakan bahan-bahan kimia di laboratorium kimia baik yang digunakan untuk proses percobaan maupun analisa kimia akan menghasilkan produk samping yang

kemudian disebut sebagai limbah laboratorium. Limbah laboratorium ini harus dikelola sesuai dengan ketentuan dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup bahwa setiap industri maupun instansi harus bertanggung jawab terhadap pengelolaan limbah yang dihasilkannya baik berupa pengelolaan sendiri maupun diserahkan ke pihak lain.

Jenis-jenis bahan kimia yang biasanya digunakan di laboratorium kimia antara lain bahan-bahan kimia yang bersifat asam (baik asam kuat seperti HCl, HNO_3 , H_2SO_4 dan sebagainya maupun asam lemah seperti H_3PO_4 , $HCOOH$ dan sebagainya), bersifat basa (baik basa kuat seperti NaOH, KOH, dan sebagainya maupun basa lemah seperti NH_3 , NH_4OH dan sebagainya), bahan organik (seperti Alkohol, Aldehida, Aseton, senyawa Amina, Amida dan sebagainya) maupun bahan anorganik

(seperti NaCl, $MgCl_2$, KCl, $MgSO_4$, dan berbagai jenis garam lainnya). Bentuk limbah laboratorium ini dapat berupa cair, padat maupun gas dengan jumlah dan frekuensi limbah laboratorium yang relatif kecil jika dibandingkan dengan skala

industri namun kandungan bahan pencemarnya sangat bervariasi dan

termasuk golongan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).

Pada umumnya, unsur-unsur logam berbahaya dalam limbah laboratorium kimia antara lain logam berat seperti besi (Fe), timbal (Pb), seng (Zn), tembaga (Cu), kobalt (Co), mangan (Mn), krom (Cr), merkuri (Hg) dan sebagainya. Karena karakteristik limbah dari hasil kegiatan laboratorium ini berpotensi mengandung bahan dengan kategori B3 sehingga penanganan khusus diperlukan dengan menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang efektif dan ramah lingkungan.

Pada kenyataannya, setiap instansi pendidikan yang memiliki laboratorium kimia masih jarang yang menggunakan IPAL. Sehingga limbah cair laboratorium yang dihasilkan belum mendapatkan perhatian yang memadai. Umumnya, instansi yang tidak memiliki IPAL akan mendistribusikan limbah laboratorium yang dimilikinya ke instansi-instansi yang memiliki pengolahan limbah terpadu itupun dengan biaya yang relatif besar. Dari sisi jumlah, limbah cair yang dihasilkan laboratorium kimia relatif sedikit, akan tetapi limbah cair ini tercemar berat oleh bahan organik maupun logam

berat. Secara kolektif, limbah ini dapat berdampak nyata bagi kerusakan lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik.

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain alat olah limbah laboratorium pendidikan yang berbasis

pada *green technology*, sehingga karakteristik limbah cair hasil pengolahan yang keluar dari alat yang dibuat akan sesuai dengan baku mutu lingkungan dan aman untuk di *release* ke lingkungan

B. METODE

Tahapan dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap, yaitu: (1) tahap identifikasi awal, (2) tahap perancangan alat, (3) tahap interpretasi hasil dan simpulan.

Pada tahap identifikasi awal, dilakukan identifikasi limbah cair laboratorium berdasarkan karakteristik bahan dan jejak rekam praktikum yang pernah dilakukan. Untuk identifikasi awal limbah cair diambil di Laboratorium Kimia

Teknologi Rekayasa Pengendalian Pencemaran Lingkungan Politeknik Negeri Cilacap.

Pada tahap perancangan alat, pendekatan yang dilakukan adalah sesuai dengan konsep *green technology* yaitu menghilangkan bahan pencemar yang tidak menimbulkan pencemaran baru dari kegiatan yang dilakukan. Bahan-bahan pembantu yang digunakan berupa koagulan, *sand filter* dan *adsorber* dapat digunakan kembali sesuai dengan konsep immobilisasi bahan buangan yang aman dan ramah bagi lingkungan.

Gambar 1. Diagram Alir Desain Alat Olah Limbah Cair Laboratorium Pendidikan

Tahapan akhir dari pengolahan limbah menggunakan bioremediasi berupa fitoremediasi dan bioindikator. Konsep penggunaan fitoremediasi dan bioindikator digunakan untuk menghilangkan senyawa yang masih terkandung didalam air olahan serta menambah estetika alami.

Pada tahap interpretasi hasil dan simpulan dilakukan identifikasi hasil bahan buangan yang sudah diolah dengan uji laboratorium sehingga didapatkan interpretasi kondisi optimal dari perancangan alat yang telah dirancang.

Gambar 2. Alur Metode Penelitian Alat Olah Limbah Cair Laboratorium Pendidikan

Bahan dan Metode yang digunakan

1. Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari bahan kimia yang berkualifikasi *proanalysis* (p.a) seperti bahan kimia bersifat asam antara lain : asam klorida (HCl), dan bahan kimia bersifat basa seperti natrium hidroksida (NaOH). Air limbah laboratorium, kapur, tawas, zeolit, karbon aktif dan PAC.

2. Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk pengujian terdiri dari peralatan utama dan penunjang. Peralatan utama merupakan alat-alat laboratorium yang digunakan

sebagai alat pengujian, seperti: konduktivimeter, TDS meter, pH meter, timbangan *magnetic stirrer* yang dilengkapi

dengan skala percepatan dan peralatan gelas lainnya seperti gelas erlenmeyer, gelas ukur dan sebagainya.

3. Metode Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di

laboratorium Teknologi Lingkungan Politeknik Negeri Cilacap. Sejumlah volume air limbah dinetralkan kemudian dilakukan proses filtrasi dan koagulasi menggunakan kapur, tawas, dan PAC dengan konsentrasi 10 g/L dan waktu kontak disetting 30 menit terhadap zat penyerap.

Pengambilan contoh untuk uji kualitas air limbah laboratorium dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama air limbah laboratorium sebelum proses atau air limbah awal. Tahap kedua limbah laboratorium setelah dilakukan proses koagulasi, elektrokoagulasi, dan filtrasi yaitu setelah proses penyerapan zeolit, karbon aktif kemudian limbah diproses

menggunakan metode fitoremediasi dikategorikan air limbah akhir sebelum diujikan menggunakan bioindikator ikan. Fitoremediasi menggunakan tanaman air: kangkung, enceng gondok dan semanggi.

Metode uji yang digunakan dalam kegiatan pengujian kualitas air limbah

laboratorium menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI) bidang lingkungan kualitas air dan air limbah. Parameter uji yang dipantau ada dua kategori yaitu parameter uji fisika, yaitu zat padat terlarut dan parameter uji kimia pH, mangan (Mn^{2+}), krom total (Cr-t), timbal (Pb), seng (Zn), amoniak ($NH_3 - N$), tembaga (Cu^{2+}), dan kobalt (Co^{2+}).

Filtrat yang terbentuk dijadikan batu bata semen dengan komposisi 1: 1 dan 1 : 3

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian utama dari desain alat pengolahan air limbah laboratorium terdiri dari: tangki koagulasi, tangki netralisasi, tangki elektrokoagulasi, tabung penyaring, tabung yang berisi zeolit dan karbon aktif, serta kolam fitoremediasi. Masing-masing bagian mempunyai fungsi dan kegunaan yang berbeda. Tangki netralisasi berfungsi

sebagai tempat menetralkan air limbah mendekati pH 7. Tangki koagulasi berfungsi tempat pencampuran bahan kimia koagulan dengan air limbah laboratorium dan merupakan tempat terjadinya peristiwa koagulasi dan flokulasi, sehingga bagian endapan yang ukuran lebih besar akan mengendap ke bawah, selanjutnya larutan yang lain akan tetap mengalir menuju ke bagian atas tangki. Sebelum air limbah laboratorium mengalir ke bagian tangki proses filtrasi kimia (penyerapan dengan zeolit dan karbon aktif), terlebih dahulu air limbah diproses di tangki elektrokoagulasi yang berfungsi untuk mengendapkan ion-ion impurities pada air limbah. Selanjutnya air limbah laboratorium melewati proses penyerapan dengan zeolit dan karbon aktif. Hasil pengolahan air limbah tersebut dialirkan menuju kolam fitoremediasi yang berfungsi sebagai penyerap zat-zat yang masih tersisa dalam limbah, waktu tinggal yang terjadi di tangki fitoremediasi dan selanjutnya air limbah akhir dialirkan dalam kolam bioindikator.

Laboratorium Kimia Teknologi

Rekayasa Pengendalian Pencemaran Lingkungan adalah laboratorium yang melayani kegiatan praktik mahasiswa, sehingga air limbah yang dihasilkan juga kaya akan senyawa kimia beracun. Adapun karakteristik air limbah laboratorium kimia dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini;

Tabel 1. Karakteristik Air Limbah Laboratorium

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu Air Limbah Permen LH No. 5 Tahun 2014	
				Golongan I	Golongan II
1.	Warna	-	Cokelat kehitaman	-	-
2.	Bau	-	Menyengat	-	-
3.	Bioindikator	-	Ikan mati kurang dari 3 hari	-	-
4.	pH	-	4	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
5.	TDS	mg/L	680	2000	4000
6.	Mangan (Mn^{2+})	mg/L	2,25	2	5
7.	Krom total (Cr)	mg/L	1,57	0,5	1
8.	Seng (Zn^{2+})	mg/L	1,94	5	10

9.	Ammoniak (NH ₃ -N)	mg/L	2,23	5	10
10.	Tembaga (Cu ₂ ⁺)	mg/L	1,39	2	3
11.	Cobalt (CO ₂ ⁺)	mg/L	0,11	0,4	0,6

Berdasarkan Tabel 1 diketahui parameter pH, Mn₂⁺, dan Cr (krom total) belum memenuhi persyaratan baku mutu air limbah berdasarkan lampiran XVII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan. Mangan (Mn₂⁺) dan krom total (Cr-t) adalah logam berat jika melebihi ambang batas baku mutunya berubah menjadi polutan yang berbahaya bagi lingkungan. Kematian pada ikan sebagai bioindikator alami menunjukkan bahwa air limbah laboratorium tersebut tidak aman bagi lingkungan jika langsung di buang ke lingkungan tanpa adanya pengolahan khusus.

Penambahan zat koagulan alum sulfat merupakan salah satu proses yang sederhana dan efektif untuk pemisahan polutan zat padat terlarut dan Amoniak. Akibat penambahan zat koagulan, polutan zat padat terlarut dan amoniak akan ikut mengumpul, sehingga ukuran partikelnya menjadi lebih besar. Proses selanjutnya endapan yang terbentuk turun kebawah, sedangkan bagian larutan yang lain tetap mengalir pada bagian atas (Kaul 2004 dan Wentz, 1995).

Parameter pH dalam air limbah merupakan salah satu hal yang penting, karena merupakan salah satu faktor pembatas utama bagi kelangsungan hidup biota air. Pada penelitian pendahuluan pH air limbah laboratorium bersifat asam dengan pH = 4. Pada proses koagulasi menggunakan susu kapur air limbah menjadi basa (pH=13). Proses selanjutnya air limbah di netralisasi menggunakan asam sehingga didapatkan pH = 7 – 8, selain itu pada reaksi netralisasi ini berfungsi agar terbentuk garam.

Proses elektrokoagulasi dilakukan agar ion positif (kation) seperti logam berat bergerak menuju katoda yang

bermuatan negatif. Ion-ion negatif (anion) bergerak menuju anoda yang bermuatan positif selanjutnya akan terbentuk suatu flokulan yang akan mengikat kontaminan maupun partikel-partikel dari limbah cair tersebut. Reaksi katodik terjadi pada katoda dengan membentuk gelembung-gelembung gas hidrogen yang berfungsi menaikkan flok-flok tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam sel. setelah proses elektrokoagulasi dilakukan, warna limbah berubah menjadi coklat kehijauan akibat arus listrik memaksa ion yang ada pada elektroda keluar dan menjadi koagulan sehingga dapat mengikat bahan pencemar limbah. Pada proses koagulasi ini pengaruh arus dan waktu kontak elektroda dengan limbah dapat menaikkan pH sehingga dengan naiknya pH akan berpengaruh pada kekeruhan hasil (setelah proses penyaringan hasil menjadi jernih).

Polutan Logam Pb₂⁺, Cr-total, Mn₂⁺, Zn₂⁺, Cu₂⁺, dan CO₂⁺ yang berada dalam media air limbah laboratorium melewati proses penyerapan dengan media zeolit, dan karbon aktif. Kemampuan zat zeolit dan karbon aktif untuk penyerapan

polutan logam cukup baik bila dibandingkan dengan proses koagulasi.

Permukaan zeolit yang berongga terbuka/berpori dan memiliki muatan negatif akan berikatan dengan ion yang bermuatan positif, selain itu rongga zeolit akan terisi oleh molekul air yang berkoordinasi dengan kation.

Fitoremediasi menggunakan tanaman air dari jenis kangkung, semanggi dan enceng gondok. Tanaman ini mampu menyerap bahan kimia terutama logam berat cukup baik. Perlakuan menggunakan metode fitoremediasi dilakukan selama 3 – 4 minggu.

Hasil dari *treatment* air limbah berdasarkan desain alat pengolah limbah cair laboratorium disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Limbah Akhir

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu Air Limbah Permen LH No. 5 Tahun 2014	
				Golongan I	Golongan II
1.	Warna	-	Bening	-	-
2.	Bau	-	Tidak nyata/tidak berbau	-	-
3.	Bioindikator	-	Ikan masih hidup selama di uji dalam waktu rentang 2 bulan	-	-
4.	pH	-	6	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0
5.	TDS	mg/L	360	2000	4000
6.	Mangan (Mn ²⁺)	mg/L	0,20	2	5
7.	Krom total (Cr)	mg/L	0,1	0,5	1
8.	Seng (Zn ²⁺)	mg/L	0,074	5	10
9.	Ammoniak (NH ₃ -N)	mg/L	< 0,034	5	10
10.	Tembaga (Cu ²⁺)	mg/L	< 0,058	2	3
11.	Cobalt (Co ²⁺)	mg/L	< 0,061	0,4	0,6

Secara umum hasil yang didapatkan pada Tabel 4.2 menunjukkan kinerja desain alat pengolah limbah dapat mereduksi limbah secara signifikan dan telah memenuhi nilai baku mutu air limbah yang sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Hasil limbah yang telah diolah sampai proses fitoremediasi dialirkan kedalam kolam ikan, fungsi dari ikan adalah sebagai bioindikator pengaruh limbah tersebut dengan mengamati kehidupan ikan selama 2 (dua) bulan pengamatan. Hasil kinerja desain alat pengolah limbah cair berdasarkan keseluruhan parameter tersebut disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Kinerja Desain Pengolah Limbah Cair

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Kinerja Alat
			A*)	B*)	
1.	Warna	-	Cokelat kehitaman	Bening	Reduksi limbah signifikan
2.	Bau	-	Menengat	Tidak nyata/tidak berbau	Reduksi limbah signifikan
3.	Bioindikator	-	Ikan mati kurang dari 3 hari	Ikan masih hidup selama di uji dalam waktu rentang 2 bulan	Reduksi limbah signifikan
4.	pH	-	4	6	pH naik menjadi 6, sesuai dengan baku mutu air limbah
5.	TDS	mg/L	680	360	Reduksi 52,9 %
6.	Mangan (Mn ²⁺)	mg/L	2,25	0,20	Reduksi 91,1 %
7.	Krom total (Cr)	mg/L	1,57	0,1	Reduksi 93,6 %
8.	Seng (Zn ²⁺)	mg/L	1,94	0,074	Reduksi 96,2 %
9.	Ammoniak (NH ₃ -N)	mg/L	2,23	< 0,034	Reduksi > 98,5 %
10.	Tembaga (Cu ²⁺)	mg/L	1,39	< 0,058	Reduksi > 95,8 %
11.	Cobalt (Co ²⁺)	mg/L	0,11	< 0,061	Reduksi > 44,6 %

Keterangan:

A = Uji limbah awal

B = Uji limbah setelah *treatment*

Filtrat sisa hasil pengolahan limbah cair diimobilisasikan dengan cara diformulasi sebagai bahan batu bata semen

dengan komposisi 1 : 1 dan 1 : 3, yang memiliki dimensi 30 cm x 8 cm x 5 cm.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Limbah cair laboratorium kimia yang digunakan terdapat parameter pH = 4, Mn_{2+} = 2,25 mg/L, dan Cr (krom total) = 1,57 mg/L belum memenuhi persyaratan baku mutu air limbah berdasarkan

lampiran XVII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan.

Pengolahan limbah cair menggunakan desain alat pengolahan air limbah laboratorium dengan sistem pendekatan *green technology* cukup efektif untuk

diaplikasikan. Hasil desain ini dapat bekerja optimal dengan mereduksi limbah secara signifikan pada kondisi air limbah Laboratorium Kimia Teknologi Rekayasa Pengendalian Pencemaran Lingkungan dengan nilai derajat keasaman (pH) = 6, Mn_{2+} dapat tereduksi hingga 91,1 %, krom total (Cr total) tereduksi hingga 93,6 %, warna limbah hasil pengolahan jernih dan bioindikator dapat bertahan hidup dengan baik dalam kontaminasi limbah hasil pengolahan.

Filtrat sisa hasil pengolahan limbah cair diimobilisasikan dengan cara diformulasi sebagai bahan batu bata semen.

PUSTAKA

Bhardwaj M, Neelam. 2015. The Advantages and Disadvantages of Green Technology. Journal of

- Basic and Applied Engineering Research 2(22): 1957-1960
- Dewi NLPM, Mahendra MS, Suyasa IWB. 2014. Pengembangan Fitoremediasi Untuk Meningkatkan Kualitas Air Limbah
- Hasil Pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung. Jurnal Echotopic 8(1):54-61.
- Kaul, S. N., Lidia, S. 2004. Waste water Treatment Technologies and Environment, 2nd ed. New Delhi: Daya Publishing House.
- Mujadi, Asriyanto H. 2011. Unjuk Kerja Dan Efisiensi IPAL Industri Batik Cetak di Makam Haji, Sukoharjo Dengan Proses Bar Screen Sedimentasi, Dan Proses Koagulasi-Flokulasi Terhadap Pemurnian Parameter COD, BOD Dan Logam Berat Cr. Ekuilibrium 10 (1):1-4
- Prayitno, Rulianah S, Takwanto A. 2016. Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan Proses Elektrokoagulasi. Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif. Semarang
- Priadie B. 2016. Potensi Ipal Skala Individu Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Di Pekalongan. Jurnal Dinamika Penelitian Industri 28 (1):42-50
- Radityaningrum AD, Caroline J. 2017. Penurunan BOD5, COD Dan TSS Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Koagulan PAC Pada Proses Koagulasi Flokulasi. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V Institut Teknologi Adhi Tama:Surabaya.
- Ruhmawati T, Sukandar D, Karmini M, Roni TS. 2017. Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu Dengan Metode Fitoremediasi. Jurnal Permukiman 12 (1): 25-32.
- Said M. 2009. Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida

- (PAC). Jurnal Penelitian Sains edisi khusus: 38-43.
- Samina, Setiani O, Purwanto. 2013. Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Di Kota Cirebon Terhadap Penurunan Pencemar Organik Dan E-Coli. Jurnal Ilmu Lingkungan 11(1): 36-42.
- Siswandari AM , Hindun I, Sukarsono. 2016. Fitoremediasi Phospat Limbah Cair Laundry Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus Paleaefolius*) dan Bambu Air (*Equisetum Hyemale*) Sebagai Sumber Belajar Biologi. Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia 2 (3):222-230
- Subamia IDP. 2013. Rekayasa Alat Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Secara Adsorpsi Memanfaatkan Kombinasi Bahan Sisa Kerajinan Batu Vulkanik. Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III Singaraja: Bali.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Upit R.P, Asrul S.S, dan Nuning V.H. 2011. Kemampuan Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) yang Terdapat pada Limbah Cair Industri Batik, Berkala Perikanan Terubuk, ISSN 0126-4265 Vol. 39, No. 1 Februari 2011
- Wardhani E, Dirgawati M, Valyana KP. 2012. Penerapan Metode Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit. Seminar Ilmiah Nasional Penelitian Masalah Lingkungan di Indonesia Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Widjajanti E. 2009. Penanganan Limbah Laboratorium Kimia. Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY. Disajikan dalam Kegiatan PPM Prodi Pendidikan Kimia, 13 Nopember 2009.
- Wentz, C.A. 1995. Hazardous Waste Management, Edition 2nd. Singapore: McGraw Hill Book Company.